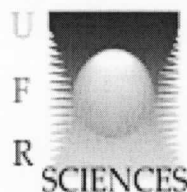


Cirad-Département EMVT
Campus de Baillarguet
TA 30

34398 MONTPELLIER Cedex 5



Université Montpellier II
UFR Sciences
Place Eugène Bataillon
34 095 MONTPELLIER Cedex 5

**MASTER 2EME ANNEE
BIOLOGIE GEOSCIENCES AGRORESSOURCES
ET ENVIRONNEMENT SPECIALITE
PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS
CHAUDES**

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Impacts des changements climatiques sur
l'émergence de maladies vectorielles

par
Aurélien GODON

année universitaire 2006-2007

SOMMAIRE

Résumé et mots clés

Définitions

I) Le climat

- I.1) Définition
- I.2) Historique
- I.3) Le climat actuel
- I.4) L'effet de serre
- I.5) Evolution du climat

II) L'Emergence

- II.1) Définition
- II.2) Historique
- II.3) Causes de l'émergence dans le système vectoriel
 - II.3.a) liés a l'agent pathogène
 - II.3.b) liés au vecteur
 - II.3.b) liés a l'hôte
- II.4) La réussite de l'émergence

III) Les maladies vectorielles

- III.1) Le système vectoriel
 - III.1a) contamination du vecteur
 - III.1b) développement de l'agent infectieux
 - III.1c) transmission de l'agent infectieux au vertébré
 - III.1.d) Sensibilité du système vectoriel aux changements climatiques
 - III.1.e) le changement climatique
 - III.1.f) les impacts du changement climatique
- III.2) Le paludisme
 - III.2.a) Situation et répartition de la maladie
 - III.2.b) Transmission de la maladie
 - III.2c) Influences des paramètres environnementaux
 - III.2.d) Et si le climat changeait ; le paludisme en Afrique.
- III.3) La fièvre catarrhale du mouton

III.3a) La Fièvre catarrhale ovine
III.3b) L'agent pathogène et transmission.

III.4) La Borréliose à tiques

III.4a) la maladie

III.4b) Impact du climat sur la maladie

Conclusion

Références Bibliographiques

Annexes

Résumé

Les changements d'ordre climatiques font partie d'un ensemble de changements globaux qui affectent les écosystèmes et perturbent ainsi l'ensemble de son fonctionnement. L'impact de tels changements sur la transmission de maladies vectorielles tel que le paludisme ou encore la bluetongue est de plus en plus marqué. L'exposition des principaux changements climatiques qui affectent notre environnement et l'analyse du fonctionnement du système vectoriel tente ici de mettre en avant les principaux risques liés essentiellement à l'émergence voir la réémergence de telles maladies. Dans la présente, nous voyons quels seraient les impacts majeurs liés à un changement climatique sur un tel système ; modification de la répartition de l'agent pathogène, extension de la répartition du vecteur ou encore apparition du vecteur dans des zones géographiques dans lesquelles il n'est pas attendu voire le bienvenu.

Mots clés

Vecteur, agent pathogène, transmission vectorielle, hôte, changements climatique, effet de serre, paludisme, fièvre catarrhale ovine, borréliose à tiques, système vectoriel, réchauffement climatique,

Introduction

La terre se réchauffe, le constat est indéniable. Et c'est petit à petit toute la communauté scientifique qui se mobilise autour de ce qu'on appelle aujourd'hui le réchauffement global (le global warming). Certes la Terre nous révèle que ces changements thermiques ne datent pas d'hier et que son histoire, aussi complexe soit-elle, a connu plusieurs phénomènes de réchauffements climatiques. Milieu du XIX siècle, la révolution industrielle est en marche, les usines tournent à plein régime, il faut reconstruire le monde. Mais à quelle prix ?

Les gaz rejetés dans l'atmosphère, piégés depuis si longtemps au cœur de la Terre, se libèrent dans cette atmosphère si protectrice autrefois et si fragile aujourd'hui. Quelles sont alors les conséquences d'un tel changement ? Les températures à la surface de la Terre font un bond en avant, les hommes voyagent à travers le monde entier, ils véhiculent avec eux leurs idées, ils communiquent, ils échangent, ils font du commerce, ils construisent, ils luttent contre les changements que leur impose la nature.

Les hommes vivent dans un monde dans lequel ils côtoient des maladies qui se transmettent par des insectes hématophages et contre lesquelles ils apprennent à lutter jour après jour. Dans la présente synthèse, nous verrons en quoi les changements climatiques affectent non seulement les aires de répartition de ces maladies en agissant essentiellement sur la biologie des populations vectrices mais aussi quels sont les paramètres du système vectoriel, que nous auront défini au préalable, les plus exposés à ces variations climatiques. Ainsi il sera question de maladies comme le paludisme, la borréliose à tiques et de la fièvre catarrhale ovine, maladie qui aujourd'hui préoccupe tout la communauté scientifique de part sa progression récente dans les pays du Nord

Phénomène de plus en plus médiatisé, les changements climatiques intéressent depuis maintenant plusieurs décennies l'ensemble de la communauté scientifique et aujourd'hui le grand public prend peu à peu conscience du fameux «réchauffement climatique » (ou « global warming »). Il est indéniable qu'un tel changement climatique peut avoir des conséquences graves sur l'environnement, la faune, la flore, l'hydrologie, la santé animale et la santé animale, etc.

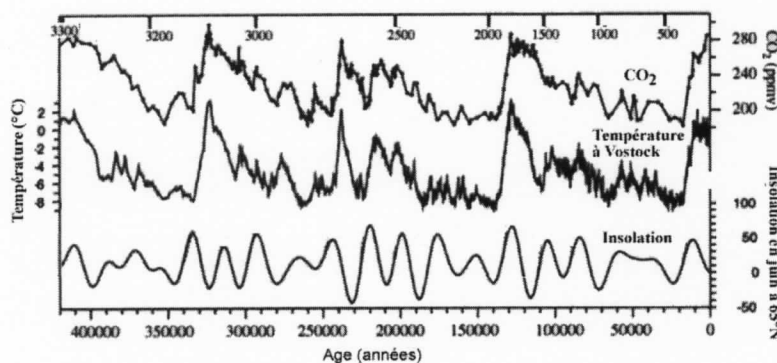
I) Le climat

I.1) Définition :

Le climat se définit comme l'ensemble des processus météorologiques typiques, dans une région et sur une certaine durée (généralement 30ans)[1]. Des phases se succèdent avec des conditions variables ; des épisodes froids relayés par d'autres plus chauds, des phases humides qui succèdent à des phases plus chaudes ou encore le retour de périodes calmes après une série de bouleversements (pluies violentes torrentielles, vents violents, épisode de canicule, etc.). Le système climatique est en fait le résultat d'une interaction assez complexe entre plusieurs composantes comme l'atmosphère, les océans, les continents, les glaces et la biosphère.

I.2) Historique :

Durant ces 400 000 dernières années et pendant toute l'ère quaternaire (commencée il y a 1,6 millions d'années), la cause première des variations climatiques n'a rien à voir avec l'humanité, si l'on excepte le dernier siècle et demi. A l'échelle planétaire, le climat a surtout subi des variations dites « cycliques » de certains paramètres astronomiques de la Terre, modifiant la quantité de rayonnement que notre planète reçoit du soleil. Ainsi, au cours de ces derniers 400 000 ans, ces variations ont produit 4 cycles de durée à peu près identiques d'un peu plus de 100 000 ans chacun pendant lesquels se sont succédés des périodes où il a fait assez froid ; la température planétaire était alors inférieure à 4°C pendant environ 100 000ans, suivis de périodes où il a fait nettement plus chaud sur 10 à 20 000 ans ; la température était alors proche de celle que nous connaissons actuellement. Ces variations se sont produites à 10 reprises environ à 100 000 ans d'intervalles.



Vostok, 4 cycles climatiques
Document modifié, extrait de la conférence de Valérie Masson-Delmotte

Figure 1 : Successions des 4 cycles climatiques au cours du temps

Source (<http://www.ens-lyon.fr>)

I.3) Le phénomène « effet de serre » :

L'atmosphère constitue une mince couche à l'intérieure de laquelle le climat de la Terre s'élabore et joue un rôle actif dans la quantité de chaleur reçue et conservée par la Terre [2]. L'atmosphère est traversée par une grande partie des rayons du soleil. Il faut savoir que :

- 30% sont réfléchis vers l'espace principalement par les nuages, les molécules de l'air et les surfaces claires constituées par les glaces et les neiges.
- 70% sont absorbés principalement par la surface (50%) et ainsi convertis en chaleur.



Figure 2 : Illustration du phénomène de l'effet de serre.

Source : (<http://www.cypres.org>)

L'atmosphère contribue ainsi grandement à la vie sur Terre. Elle se comporte, de manière imagée à une serre de jardinier ou aux vitres d'une voiture qui piègent une grande partie de la chaleur reçue.

L'existence à la surface de la Terre de ce phénomène appelé « effet de serre » est naturel. Sans lui, les températures régnantes à la surface de notre planète seraient inférieures à 30°C et s'établiraient à environ 18°C [2].

Dés 1850, des analyses multiples et complexes de bois très anciens ont révélé que les concentrations en carbone fossile (carbone 14 principalement) diminuaient au lieu de s'accroître, ce qui va à l'encontre d'une logique certaine qui prônerait l'inverse. De plus, des observations dans l'atmosphère ont montré la présence de carbone fossile très ancien. Sa présence est en fait le produit de la combustion du charbon et du pétrole, principales énergies fossiles utilisées par l'homme depuis la révolution industrielle.

Malgré tout, la présence accrue de gaz à effet de serre due aux émissions anthropiques renforce mécaniquement le phénomène d'effet de serre et contribue ainsi à l'élévation des températures à la surface de la Terre. Ceci reviendrait mécaniquement à augmenter l'épaisseur du vitrage dans la serre du jardinier.

L'effet de serre fait intervenir à la fois le rayonnement solaire et le rayonnement infrarouge qui sont des rayonnements électromagnétiques de même nature physique qui ne se distinguent que par leurs longueurs d'onde.

Le principal changement climatique s'observe dans l'atmosphère terrestre où l'équilibre des gaz est modifié (principalement le dioxyde de carbone : le CO₂).

En effet les activités humaines augmentent de façon considérable la concentration de ce gaz dans l'atmosphère, provoquant ainsi une tendance à l'augmentation des températures régnantes à la surface de la Terre. La principale perturbation de l'effet de serre vise à renforcer la capacité de l'atmosphère à absorber l'énergie infrarouge et donc perturbe la façon dont le climat maintient un équilibre entre l'énergie incidente et l'énergie ascendante.

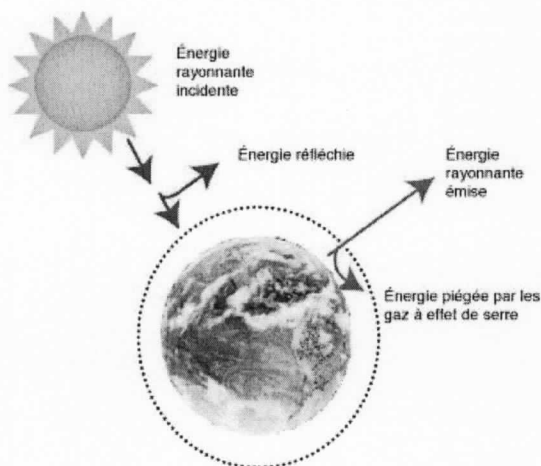


Figure 3 : Les principales énergies liées au réchauffement climatique

Source : (<http://www.agr.gc>)

Ainsi l'énergie dégagée par la planète diminuerait de 2%. Or une telle énergie (équivalente à l'énergie interne de quelques trois millions de tonnes de pétroles par minute) ne peut s'accumuler et le climat doit s'adapter pour se débarrasser de ce surplus énergétique. Ceci provoque alors des changements d'ordre purement climatiques. De nombreuses analyses de l'évolution des températures montrent en effet qu'actuellement la Terre est plus chaude de 1,5°C en comparaison à l'ère préindustrielle (milieu du XIX^{ème} siècle) et pour la fin du siècle, des prédictions portent à 3°C cette différence. [5]

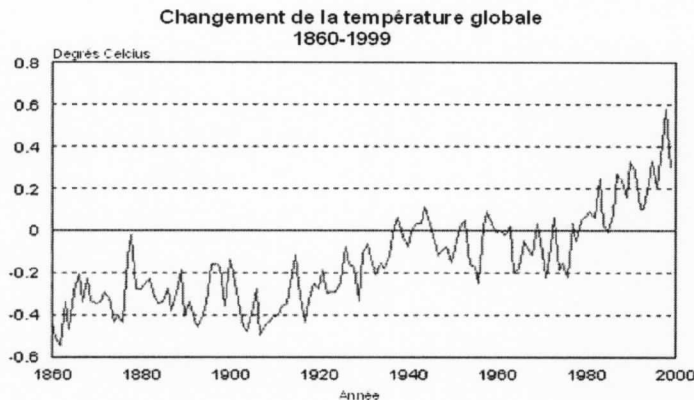


Figure 4 : Illustration du changement de la température globale sur Terre.

Source : (www.dossiersdunet.com)

Ces élévations de températures ont un impact sur l'évolution du climat et les répercussions à prévoir sur les écosystèmes et sur l'environnement de manière plus générale sont multiples :

- Elévation du niveau des mers entraînant une perte territoriale et une pression foncière plus importante
- Accentuation de l'érosion côtière
- Augmentation de l'intensité des cyclones
- Affaiblissement des protections naturelles des côtes (mangroves et coraux)
- Fragilisation des écosystèmes terrestres
- Raréfaction des ressources en eau.
- Incidence sur la santé humaine et animale.

Ainsi les émissions de gaz à effet de serre ont une influence sur la santé de façon détournée par résurgence de maladies à vecteur sur le continent européen à cause de faibles variations climatiques.

Une recrudescence des épizooties et des maladies vectorielles est attendue. En effet, depuis 10 ans, plusieurs maladies transmises par des vecteurs ont émergé dans les pays du Nord, en Europe et aux Etats-Unis et se sont étendus dans certaines régions des pays du Sud. La fièvre catarrhale ovine (ou bluetongue) s'est étendue au bassin méditerranéen, la fièvre du Nil Occidental (West Nile) aux Etats-Unis, la Fièvre de la vallée du Rift en Afrique de l'Est mais aussi la Dengue dont l'extension à l'Océan Pacifique, au Pacifique sud et à l'Amérique latine préoccupe beaucoup. [8]

La priorité réside donc dans la lutte contre ces maladies déjà présentes dans les Pays du sud et contre l'extension dans les Pays du Nord.

Il faut savoir que ces maladies en dehors des pertes humaines conséquentes et dramatiques qu'elles engendrent, sont un véritable frein au développement de beaucoup de pays du sud. En Afrique par exemple et au Cameroun, le paludisme entraîne des pertes économiques équivalentes à 1,3% du PIB annuel. Ce qui signifie qu'en 15 ans, le PIB serait 20% plus élevé que ce qu'il est si le paludisme était absent, ce qui représente un manque à gagner de 4 227 millions de dollars pour le pays entre 1980 et 1995. [9]

II) L'émergence

II.1) Définition :

Une maladie émergente se définit comme une infection nouvelle causée par l'évolution ou la modification d'un agent pathogène ou d'un parasite existant. Ces modifications se traduisent soit par un changement d'hôte, de vecteur, de pathogénicité ou de souche.

Dans le même registre que la notion d'émergence, on retrouve la notion de ré-émergence qui définit alors une maladie qui déjà connue fait irruption dans un nouveau contexte géographique, élargit son spectre d'hôte et pour laquelle une forte progression est enregistrée. Ces phénomènes n'appartiennent pas exclusivement au XIX ième siècle et des écrits rapportés montrent que l'humanité s'est toujours préoccupée de l'apparition de nouvelles maladies qui pourraient se montrer désastreuses.

II.2) Historique :

« ...23 mars 1930, un dimanche. Un entomologiste américain, R.C. Shannon, est en poste à Natal, sur la côte atlantique du Brésil. En se promenant dans les environs, il a la curiosité de jeter un coup d'oeil sur une petite mare herbeuse située entre une voie de chemin de fer et une rivière. Il observe la présence de grandes quantités de larves d'anophèles : il en récolte environ 2 000 en quelques instants et quelle ne fut pas sa surprise de s'apercevoir qu'il s'agit de larves d'*Anopheles gambiae* (très probablement *An. arabiensis*), un moustique africain, grand vecteur de paludisme. Aussitôt, il donne l'alerte, sans que cela provoque la moindre réaction de la part des autorités. En quelques mois, ce moustique s'implanta sur plus de 180 km le long de la côte du nord-est du Brésil... »

« ...Arriva ce qui devait arriver : une première épidémie de paludisme éclate brusquement à Natal ; elle dure de mars 1930 à l'arrivée de la saison sèche, en juillet. Une seconde bouffée épidémique l'année suivante, en janvier 1931, beaucoup plus sévère cette fois : à Alecrim, un faubourg de Natal, on observe 10 000 cas parmi les 12 000 résidents. Sept ans plus tard, une nouvelle épidémie, véritablement catastrophique (plus de 100 000 cas), causa la mort de 14 000 personnes. La décision fut enfin prise d'éliminer cet anophèle, ce qui fut réalisé en 1940. Le rêve américain d'*An. gambiae* avait duré dix ans !... »

Source : Rodhain F. (2003)

Issu d'une publication traitant les facteurs relatifs à l'émergence et à la ré-émergence de maladies dans le monde, cet extrait montre clairement la réussite de l'émergence d'une maladie vectorielle comme le paludisme qui touche exclusivement les hommes. Un tel exemple met en avant les facteurs qui font que l'émergence d'une maladie reste un phénomène toujours difficile à prévoir et sur lequel on s'interroge encore beaucoup. Les mêmes questions reviennent à chaque fois : Pourquoi ici plutôt que là ? Pourquoi à ce moment ? Pourquoi telle espèce et pas une autre ? Mais ce qui impressionne le plus la communauté scientifique concerne ce qui va caractériser ce phénomène :

- Le caractère imprévisible des émergences.
- La rapidité souvent surprenante de la propagation
- Le fort taux de mortalité observé dans les populations nouvellement touchées.

Pour les maladies dont la transmission se fait par l'intermédiaire d'un vecteur, responsable alors de la transmission et de la propagation d'une maladie, plusieurs causes peuvent en être à l'origine.

II.3) Les causes de l'émergence :

Dans le système vectoriel (agent infectieux, vecteur et hôte), dont le fonctionnement sera détaillé plus loin, plusieurs événements peuvent être à l'origine de l'émergence de maladie. Il s'agit de phénomènes biologiques ponctuels, localisés qui peuvent survenir de manière brusque. Le mécanisme qui va induire l'émergence peut être de nature anthropique ou naturel et concerne l'un des trois composants du système vectoriel. On peut donc dégager plusieurs causes relatives à ces 3 composantes du système ; agent infectieux, vecteur et hôte.

Les causes liées à l'agent infectieux :

- Introduction, puis installation d'un agent infectieux nouveau dans une région

Ex : L'introduction en Amérique de *Leishmania chagasi* par les chiens serait à l'origine de l'émergence du kala-azar américain et celui de l'apport du virus de la fièvre de la vallée du Rift en Egypte en 1977-78 suite à des importations massives de bétail du Soudan où, de 1973 à 1976, des épizooties avaient sévi.

- Apparition d'un agent infectieux réellement nouveau pour la Science
- Apparition d'un nouveau variant d'un agent infectieux connu
- Apparition d'un agent vraisemblablement ancien, mais inconnu jusqu'alors

Les causes liées au vecteur de la maladie :

- Introduction et installation d'un nouveau vecteur dans une région
- Apparition d'un vecteur avec des propriétés nouvelles
- Introduction et installation d'un hôte réservoir ou amplificateur nouveau pour la région
- Apparition d'hôtes vertébrés avec de nouvelles propriétés

Les causes relatives aux hôtes vertébrés :

- Introduction et installation d'un hôte réservoir ou amplificateur nouveau pour une région
- Apparition d'hôtes vertébrés avec de nouvelles propriétés

II.4) La réussite de l'émergence

Liée à une forte augmentation du nombre des cas observés, elle prend en compte le nombre de cas cliniquement inapparents et le nombre d'infections contractées (Rodhain F, 2003). Elle est en fait la mesure du degré d'exposition à la maladie. On peut mettre en avant les facteurs liés directement aux activités humaines et ceux liés « indirectement » aux activités de l'homme, notamment les intempéries et les changements d'ordre climatiques.

Facteurs humains :

- L'exploitation de la nature :

- Construction d'un barrage ; prolifération de vecteurs (ex : moustiques), concentration humaine et animale.
- Culture de terrains où certains vecteurs sont endémiques (ex : rongeurs).
- Extension de périmètres irrigués ; prolifération de population vectrices (moustiques, anophèles, etc.).
- Déforestation ; contact accru entre les populations humaines et animales.
- Destruction des prédateurs des vecteurs ; prolifération des populations vectrices.

-les flux de populations humaines :

- Déplacements massifs lors de conflits armés et de guerre.
- Urbanisation massive (selon l'ONU, en 2020, 65% de la population vivra en ville).
- Transports et voyages ; les hommes se déplacent à travers le monde entier, ils sont alors responsables de la dissémination de maladies et autres virus.

-La santé publique :

- Les campagnes de vaccination sont utiles au recul de certaines maladies dans de nombreux pays, mais le manque de sécurité et d'hygiène accroît souvent la propagation par voie sanguine de virus comme celui du VIH, de l'hépatite B et C.

Facteurs non humains :

- Les intempéries et les changements d'ordre climatiques ne sont pas « directement » liés aux activités de l'homme. Nous verrons en quoi ils contribuent à l'émergence et l'extension de certaines maladies dans certaines parties du globe.

Le système vectoriel est un système très exposé aux variations climatiques. Il faut cependant distinguer les variations liés à un phénomène local et qui prend des ampleurs conséquentes dans certaines régions du globe, comme le phénomène El Niño, et les changements globaux. Cependant, on ne peut résumer de manière « simpliste » une relation cause à effet selon laquelle les changements globaux induisent obligatoirement la réussite d'une émergence et selon laquelle :

III) Les maladies vectorielles

III.1) Le système vectoriel :

Lorsque la propagation d'une maladie se fait par transmission biologique active d'un agent pathogène infectieux par un arthropode hématophage, d'un vertébré à un autre, on parle de transmission vectorielle d'une maladie. L'arthropode hématophage joue le rôle de vecteur en assurant la transmission de l'agent pathogène au sein du système vectoriel. (Pr. Pichard E, 2004).

Dans ce système, l'intervention d'un agent vecteur a pour rôle de faciliter la rencontre entre l'agent pathogène et son hôte (AFSSA, 2005). Sa présence évite le « gaspillage » observée dans d'autres cycles dans lesquels la perte du microorganisme dans le milieu extérieur nuit à sa rencontre avec l'hôte adéquat. Le fonctionnement d'un tel système met en jeu différents types de relations à savoir :

- Celle qui gouverne le développement de l'agent pathogène chez ses hôtes différents (alternativement un vertébré et un arthropode)
- Celles qui concernent les contacts écologiques entre les populations (vecteur, hôte et agent pathogène)

On peut ainsi représenter ce système schématiquement et ainsi dégager les relations qui existent entre les différentes populations qui évoluent dans un environnement où le temps, la génétique, l'écologie et l'homme exercent leurs influences.

Les systèmes vectoriels

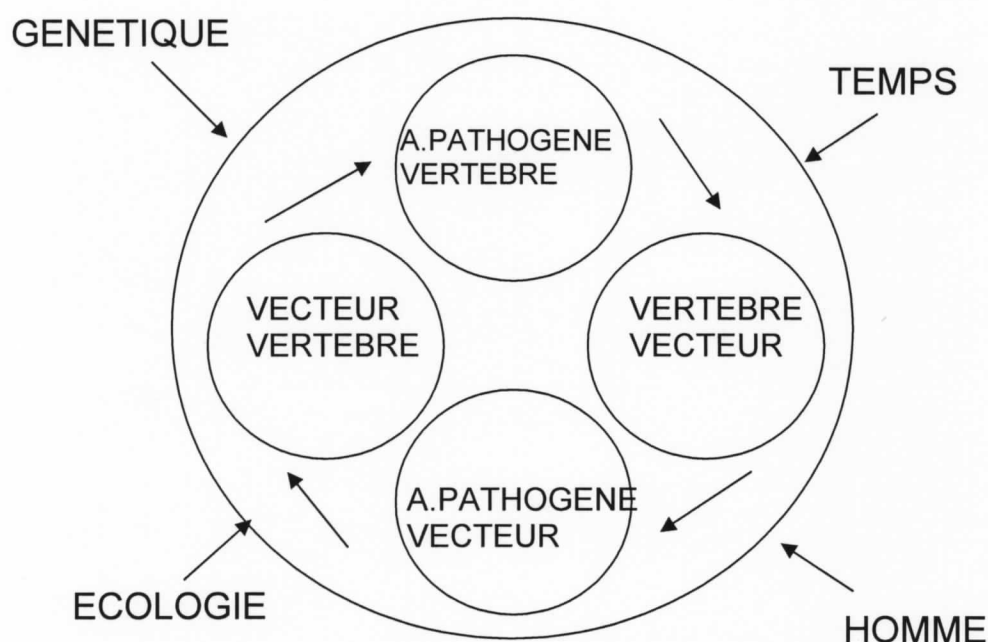


Figure 5 : Représentation schématique des systèmes vectoriels mettant en avant les principales populations impliquées dans le fonctionnement d'un tel système.

Source (Pr. Pichard E, 2004)

Un tel système n'est pas figé dans le temps et dans l'espace, il évolue sous des conditions climatologiques souvent changeantes d'une année à l'autre.

Si l'on considère uniquement le système agent infectieux-vecteur, on peut voir que trois phases se succèdent : contamination du vecteur, développement de l'agent infectieux dans le vecteur et transmission à un vertébré réceptif.

III.1.a) La contamination du vecteur :

Le vecteur est dans la majorité des cas un arthropode. Il se contamine lorsqu'il prend son repas sanguin, d'où l'importance du caractère hématophage. Il peut alors être :

- Un insecte : un anoploure (les poux), un siphonaptère (la puce), un hétéroptère (la punaise), un diptères (phlébotomes, simuliés, glossines, anophèles, culicidés).
- Un acarien : une tique (les ixodidés)

Pour devenir vecteur, l'arthropode doit à la fois être réceptif à l'agent pathogène, évoluer dans le même environnement que lui et survivre à la période d'incubation extrinsèque de l'agent pathogène. Tous ces paramètres réunis garantissent le succès de la transmission de l'agent pathogène au vertébré. (M. Coosemans & A. Van Gompel(1998), « Les principaux arthropodes vecteurs de maladies . Quels risques pour le voyageur d'être piqué ? D'être contaminé ? »

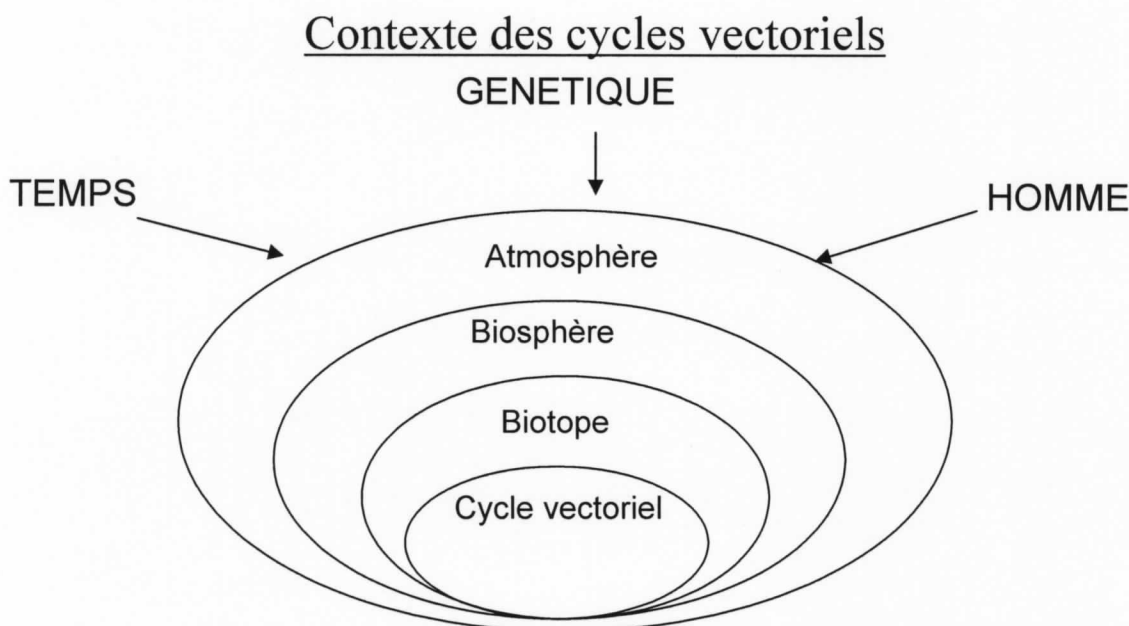


Figure 6 : Ce schéma met en avant le contexte dans lequel le cycle vectoriel évolue et les influences externes qu'il subit.

Source (Pr. Pichard E, 2004)

Pour être efficace, le vecteur doit non seulement être compétent mais doit, dans un environnement considéré, avoir une bio-écologie favorable à la transmission.

Parmi les vecteurs responsables de la transmission de maladies graves, les moustiques de part leur abondance sont considérés comme redoutables. Ils transmettent :

- La fièvre jaune
- Le paludisme
- La dengue

III.1.b) Le développement de l'agent infectieux

Il se fait dans l'organisme de l'arthropode. C'est une phase très complexe du système agent infectieux-vecteur parce que selon le système vectoriel considéré, l'agent infectieux peut soit se multiplier ou soit passer par des transformations, c'est le cas lorsque l'agent pathogène est un parasite (on observe alors plusieurs stades successifs de transformation). L'intervalle de temps qui sépare la prise de sang infectieux par le vecteur et le développement de l'agent pathogène, prêt alors à contaminer un hôte est appelé « incubation extrinsèque ». Ce n'est qu'une fois cette période terminée que le vecteur est capable de transmettre l'agent pathogène.

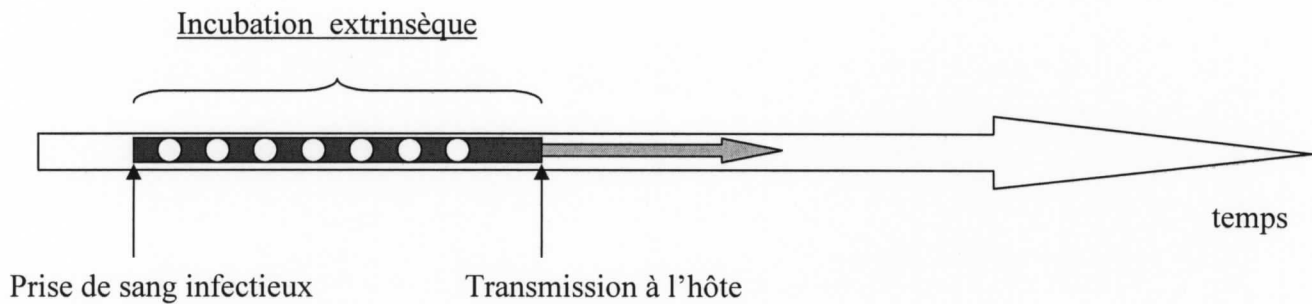


figure 7 : Schématisation des périodes d'infection et d'incubation

Il est aisé de comprendre ici que la survie du vecteur durant la période d'incubation extrinsèque est indispensable pour l'agent pathogène. Mais le vecteur doit également vivre assez longtemps après cette incubation pour assurer la transmission de l'agent infectieux.

III.1.c) La transmission de l'agent infectieux au vertébré

Elle ne peut se faire que si les deux étapes précédentes ont réussi. Le vecteur devenu infectant héberge l'agent infectieux qui se loge alors dans un endroit stratégique le plus favorable à la transmission au vertébré : salives, déjections, etc. (Guégan J-F)

III.1.d) Sensibilité du système vectoriel aux changements climatiques

a) Le changement climatique

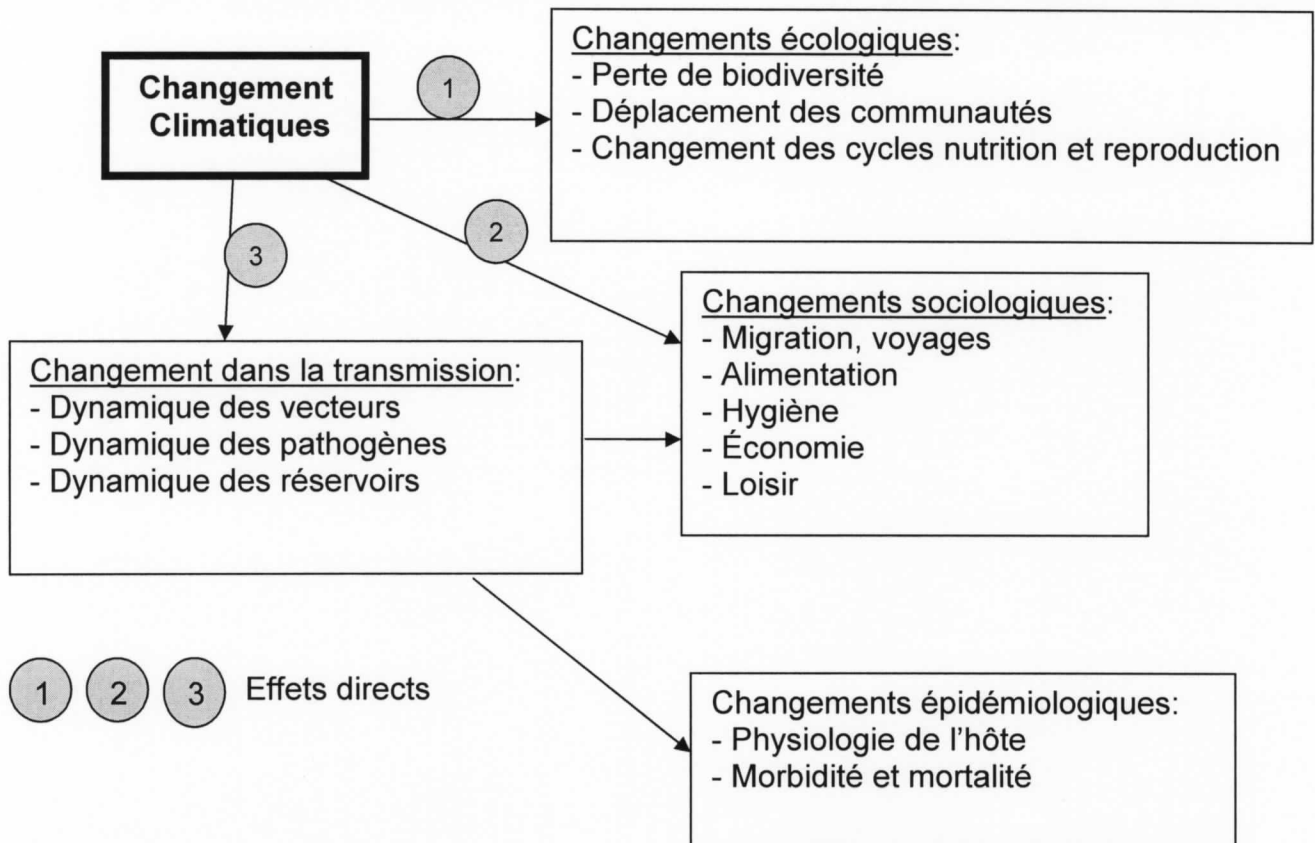
Le changement climatique a un impact sur le fonctionnement des écosystèmes en agissant notamment sur la biodiversité, sur la composition des communautés d'espèces, sur leur cycle de nutrition mais aussi sur la sociologie liée aux activités humaines (migration, voyage, alimentation et économie). Il agit sur la transmission des maladies en agissant sur les hôtes, les agents pathogènes et sur les vecteurs. Le changement climatique fait en fait partie d'un ensemble de changements globaux qui affectent les continents de notre planète, on retrouve alors :

- La déforestation
- L'abandon des parcours d'élevage extensif en certains endroits, etc.

L'impact des changements climatiques sur le fonctionnement des écosystèmes est alors difficilement mesurable car il est généralement accompagné de tous ces changements globaux et conséquences d'un tel changement, d'un point de vue « réchauffement climatique » concerneraient alors des modifications physiques du milieu d'une part :

- Réduction de certaines zones humides par manque ou baisse de précipitation
- Submersion de zones littorales par élévation du niveau des mers, etc.

D'autre par, les conséquences concerneraient l'impact sur la santé animale et humaine. Les maladies animales vectorielles verraient leur situation modifiée et les modifications concerneraient principalement le vecteur responsable de la propagation de la maladie. Le réchauffement agirait alors principalement sur la biologie du vecteur, sur les modes de transmission, sur sa résistance dans l'environnement et pourraient faire évoluer la répartition des hôtes et des réservoirs de ce même vecteur.



Principaux impacts du changement climatique sur les écosystèmes (chan et al (1999))

Théoriquement les modifications climatiques peuvent affecter de manière assez indépendante tous les composants du système vectoriel directement, ou indirectement c'est-à-dire en agissant sur l'écosystème dans lequel ils évoluent. Ils peuvent agir sur les vertébrés réservoirs, sur l'agent infectieux ou sur la population de vecteur par le biais d'influences sur des paramètres comme la répartition, l'abondance, la génétique, etc.

Vertébrés réservoirs

- Répartition
- Abondance
- Ethologie
- Dynamique
- Structuration génétique

Agent infectieux

- Génétique : sélection des populations les mieux adaptées aux conditions de l'environnement, Elles seraient +/- virulentes.

Population de vecteurs

- Répartition
- Abondance
- Ethologie
- Dynamique des populations
- Structuration génétique

b) Les impacts du changement climatique sur le système vectoriel

Les impacts d'un tel réchauffement climatique peut avoir une incidence sur les relations qui existent entre les différentes populations du système vectoriel.

- Conséquences sur les contacts écologiques entre les populations réservoirs et les populations vectrices de la maladie
- Conséquences sur les contacts écologiques entre certains vecteurs et la population réceptrice.
- Conséquences sur la vitesse de développement de l'agent infectieux au sein de la population de ses différents hôtes.
- Conséquences sur l'intensité de son développement.

Ainsi une augmentation significative et durable des températures peut alors induire un impact qui se manifesterait chez l'agent responsable de la transmission de la maladie : le vecteur. Ces impacts s'appuyaient sur:

- Une modification de sa répartition.
- Une augmentation de la densité des populations.
- Une installation aisée et une colonisation de nouveaux espaces dans lesquels les populations vectrices trouvent les conditions de vie favorables à leur développement et à leur survie.

Le taux d'humidité est un facteur essentiel pour la survie de certains vecteurs notamment les anophèles et les moustiques. Si l'augmentation des températures dans un environnement n'est pas accompagnée d'une nette augmentation du taux d'humidité, la longévité du vecteur se voit menacer et diminuer, ce qui entraîne une baisse de la capacité vectorielle. De plus, la répartition inégale des pluies due à une augmentation significative et durable des températures entraînerait une modification dans la dynamique des populations de vecteurs et une répercussion sur la saisonnalité de la transmission de la maladie.

Sommairement on peut répartir les maladies à transmission vectorielle en 3 catégories :

- Celles qui se transmettent exclusivement d'animal à animal, les zoonoses (comme la bluetongue).
- celles qui se transmettent d'animal à homme, les anthroponoses.
- celles qui se manifestent exclusivement chez l'homme comme le paludisme

Le problème lié à l'émergence et à l'extension de certaines maladies dans des lieux où elles n'ont pas lieu d'être amène toute la communauté scientifique à se poser des questions sur les problèmes liés à ces maladies si elle sévissent sur des continents qui, soit l'on éradiqué depuis longtemps, soit ne l'ont jamais rencontré. En dehors des impacts sanitaires provoqués, c'est toute une économie qui risque d'être réellement en danger. L'exemple de trois maladies à transmission vectoriel sera abordé par la suite afin d'illustrer et de mettre en avant les principaux impacts du changement climatique ; le paludisme, la borreliose à tiques et la fièvre catarrhale ovine (ou bluetongue). Le paludisme et la borreliose à tiques sont des maladies tropicales qui ont une forte morbidité en Afrique de l'Ouest. Durant ces dernières années, l'épidémiologie de ces maladies a été fortement affecté par le changement climatique (Trape et al., 2002). Nous verrons donc en quoi l'épidémiologie de ces maladies a été bouleversée en mettant en avant les différentes composantes du système vectoriel et quels sont les paramètres les plus sensibles au changement climatique. Puis une partie traitant de la fièvre catarrhale ovine sera abordée. Nous verrons en quoi cette maladie de part sa progression dans tout le bassin méditerranéen et son arrivée dans les pays du Nord inquiète la communauté scientifique.

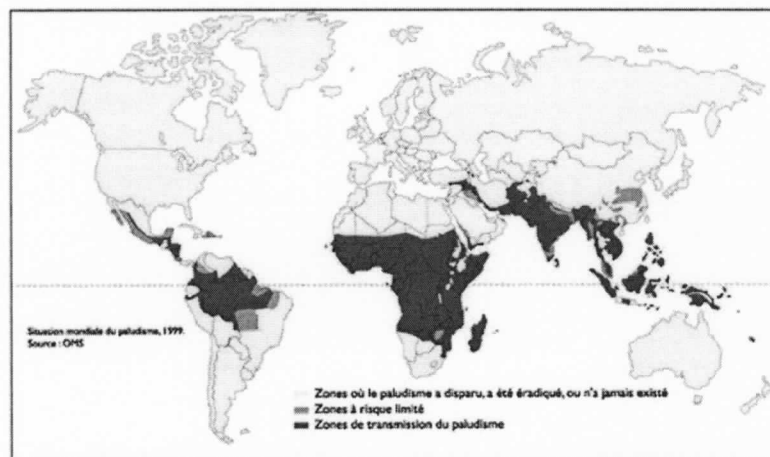
II.2) Le paludisme

II.2.a) Situation et répartition de la maladie dans le monde

Le paludisme est une maladie parasitaire causée par un hématozoaire du genre *Plasmodium* et transmise à l'homme par des moustiques du genre Anophèles. Il s'agit de la principale maladie parasitaire humaine où l'homme joue le rôle d'hôte définitif. Son incidence dans le monde est estimée à 300/500 millions de cas cliniques par an et 1,5 à 2,7 millions de personnes en meurent chaque année [10].

Le nombre de personnes qui s'exposent à cette maladie dans le monde est estimé à 2,3 milliards, soit 40% de la population et considère que les pays d'Afrique tropicale qui comptent la majorité de décès contribuent à plus de 90% à l'incidence total du paludisme. La maladie touche une centaine de pays dans le monde mais plus particulièrement les zones tropicales défavorisées d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie.

La situation du paludisme dans le monde



Le paludisme est endémique dans les régions tropicales et subtropicales.

Figure 8 : Répartition du paludisme dans le monde.

Source : (<http://www.pasteur.fr>)

II.2.b) Transmission de la maladie :

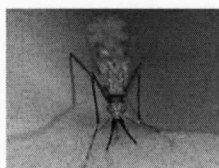
Quatre espèces de parasites du genre *Plasmodium* sont responsables de la maladie chez l'homme.

- *P.falciparum* ; espèce la plus pathogène, elle est responsable de cas mortels. Elle est présente dans les zones tropicales d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie. Elle est dominante en Afrique.
- *P.ovale* ; espèce principalement trouvée en Afrique de l'Ouest, elle ne tue pas.
- *P.vivax* ; elle coexiste avec *P.falciparum* dans de nombreuses parties du monde. Elle est présente dans certaines zones tempérées.
- *P.malariae* ; espèce dont la distribution mondiale est inégale. Elle n'est pas meurtrière

Les moustiques responsables de la transmission du paludisme à l'homme appartiennent au genre *Anopheles* (famille des *Culicidae*). Dans le monde, une soixante d'espèces différentes de ces moustiques véhiculent les parasites responsables de la maladie.

Parmi ces espèces de moustiques, l'espèce la plus étudiée vectrice de la maladie sur le continent africain est *Anopheles gambiae*. Mais le genre *Anopheles* est présent dans le monde entier et parmi les espèces impliquées dans la transmission de la maladie on retrouve :

<p><u>Sur le continent africain :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Anopheles gambiae</i> - <i>Anopheles arabiensis</i> - <i>Anopheles sinensis</i> 	<p><u>Sur le continent asiatique :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Anopheles stephensis</i> - <i>Anopheles farauti</i> - <i>Anopheles sinensis</i> - <i>Anopheles minimus</i> - <i>Anopheles tellessarus</i> 	<p><u>Sur le continent américain :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Anopheles albimanus</i> - <i>Anopheles quadrimaculatus</i> - <i>Anopheles freeborni</i> - <i>Anopheles darlingi</i>
--	---	--



Source : (<http://www.pasteur.fr>)

Figure 9 : photo du vecteur de la maladie.

La transmission de la maladie se fait exclusivement par l'intermédiaire de la femelle anophèle qui est la seule à piquer et donc capable de transmettre le parasite à l'homme lors de son repas sanguin. (le mâle ne pique pas, il n'est pas responsable de la transmission de la maladie). On retrouve

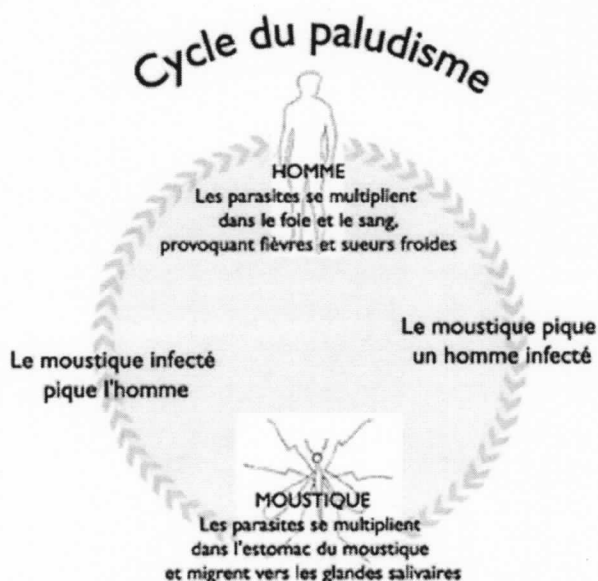


Figure 10: Cycle de transmission du paludisme

Source : (<http://tpepaludisme.free.fr>, [11])

II.2.c) Influences des paramètres environnementaux sur la maladie.

Les températures environnementales dans lequel évolue le vecteur ont une influence sur les performances de reproduction de la femelle, qui je le rappelle est seule capable de transmettre la maladie à l'homme. En période de température élevée, son potentiel reproductif est

considérable, c'est ce qui constitue un facteur majeur à l'origine du succès du parasite du paludisme.

Selon la température et les espèces de plasmodium, 7 à 35 jours sont nécessaires pour que le parasite achève son développement (ingestion de sang infecté par le moustique puis migration des « jeunes » parasites vers les glandes salivaires du moustique) [12]. Sachant que la vie du moustique est estimée à un mois, on comprend alors que la survie du moustique est cruciale pour celle du parasite et qu'une espérance de vie faible chez le moustique ne permet pas au parasite d'achever son développement.

Les principaux facteurs climatiques qui vont influencer la vie du vecteur sont donc :

- **la température**
- **l'humidité**
- **les précipitations**

Ces facteurs agissent sur la biologie de développement du moustique et du parasite.

La température :

Le développement le plus rapide de toutes les espèces se situe entre 27 et 31°C. Plus la température est basse, plus le cycle de développement du moustique est long.

Généralement, on constate que le développement du parasite dans l'anophèle est stoppé en dessous de 18°C et que une température inférieure à 15°C limite considérablement les chances de survivre et donc de propagation de la maladie.

L'humidité de l'air ambiant :

Il est modulé par l'interaction entre les pluies, l'évaporation, les ruissellements et les températures du milieu dans lequel évolue le vecteur. Pour survivre, un taux d'humidité relative d'environ 50 à 60% est nécessaire. Au-delà de 60% la vie du moustique est rallongée, l'infection aussi.

Les précipitations :

Leurs présences amènent généralement l'émergence de nouveaux lieux de reproduction si elles ne sont pas torrentielles, dans quel cas elles peuvent entraîner la destruction des sites de pontes et emporter les œufs et les larves présentes dans les milieux aquatiques. A l'inverse, des conditions extrêmes de sécheresse peuvent transformer les écoulements en bassins où les eaux stagnantes deviennent des lieux propices à la ponte et de tels sites de reproduction précèdent parfois les épidémies de paludisme.

Il faut savoir que dans les zones permanentes de paludisme, toutes les conditions climatiques favorables au vecteur et au parasite sont réunies toute l'année, c'est ce qui rend très difficile la lutte et l'éradication de la maladie. Le taux d'infection des populations reste élevé même avec une faible population de moustique et là où les conditions climatiques permettent le développement occasionnel du parasite et du vecteur, la maladie revêt un caractère saisonnier. Ainsi, les populations indigènes ne peuvent développer une immunité contre la maladie et le taux de mortalité reste très élevé, notamment chez les bébés et chez les enfants de moins de 5 ans.

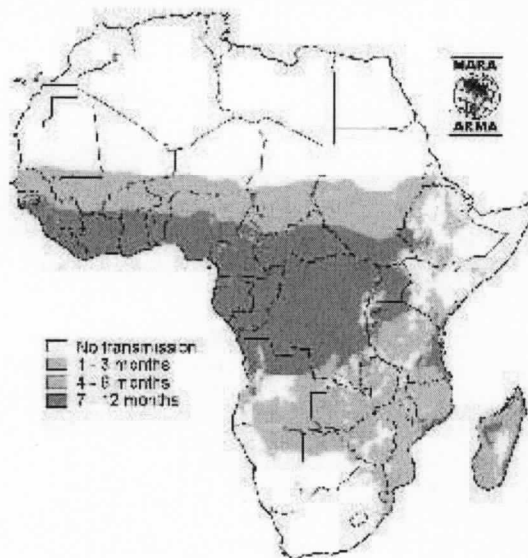


Figure 11: Modèle informatique illustrant la durée des saisons de transmission palustre en Afrique. (source : <http://www.rbm.who.int>, [13])

Ainsi, *Anopheles gambiae* sensu lato, *An. funestus*, tous deux largement répartis en Afrique tropicale, et *An. dirus*, limité aux zones forestières d'Asie du sud-est, sont les plus redoutables vecteurs du paludisme en raison de leurs taux de survie et d'anthropophilie élevés. La carte ci-dessous illustre la durée des saisons de transmission du paludisme. On voit très nettement qu'elle est la plus forte dans ces latitudes où chaleur et fortes températures règnent en maître.

II.2.d) Et si le climat changeait ; le paludisme en Afrique.

Les sécheresses à répétition que subit le continent africain depuis quelques décennies a non seulement des impacts désastreux sur le monde agricole mais aussi sur la santé des populations qui y vivent.

Selon (Trape et al., (2002)), l'abondance et le taux d'infection des anophèles vecteurs du paludisme a fortement réduit en Afrique de l'Ouest à cause de la sécheresse sans pour autant qu'il y ait une diminution significative du poids de la maladie pour la plupart des populations concernés. Ce phénomène s'explique en partie par l'apparition de résistance aux médicaments antipaludiques. La perte d'immunité des populations du nord sahel les rend ainsi plus vulnérables à l'infection et à l'exposition de la maladie. Ainsi le risque de voir apparaître des phénomènes épidémiques graves et de grande ampleur est réel. De plus, les aménagements hydrauliques pour lutter contre cette sécheresse dans ces régions du monde créent des conditions environnementales favorables à l'introduction et au maintien des populations vectrices de la maladie, notamment *Anopheles gambiae* et *Anopheles arabiensis*, exposant ainsi de manière forte les populations à la maladie.

Les bouleversements liés au climat ont ainsi des répercussions à la fois sur l'environnement (sécheresse à répétition) et sur les populations locales qui tentent de lutter contre ces variations climatiques en aménageant leur territoires. Ainsi tous ces aménagements créent des conditions favorables au maintien voire à l'apparition de populations vectrices de maladies qui trouvent alors des conditions de vie idéales à leur survie et à leur extension.

III.3) La borréliose à tiques

III.3.a) La maladie :

La borréliose à tiques ou maladie de Lyme est une maladie infectieuse transmise par un vecteur ; une tique du genre *Ixode*.



Figure 12 : Le vecteur de la maladie, les tiques.

Source : (www.afrology.com)

L'une de ses formes concerne l'Europe et les Etats Unis tandis que l'autre forme concerne des borrélioses tropicales, plus connues sous le nom de fièvres récurrentes.

En Afrique tropicale, la maladie est due à des bactéries du genre *Borrelia* dont deux sont rencontrées

- *Borrelia crocidurae* en zone saharienne et sahélienne
- *Borrelia duttoni* en Afrique de l'Est.

En Afrique de l'Ouest, le vecteur de la transmission à l'homme de *Borrelia crocidurae* est la tique *Ornithodoros sonrai*. La tique vectrice de la maladie vit en contact étroit avec les petits rongeurs sauvages dont elle habite les terriers et qui constituent les principaux réservoirs de la maladie. Dans le développement qui suit, nous nous attarderons à montrer en quoi et comment les changements climatiques que subit l'Afrique ont influencé l'aire de répartition de la maladie.

III.3.b) Impact du climat sur la maladie :

Considérée comme rare jusqu'à la fin des années 1980, la maladie est, avec le paludisme, la principale cause de morbidité en Afrique. Des études menées par les centres de recherches et de développement (IRD) dans cette partie du globe montre que la maladie est la cause la plus fréquente de consultation et que l'extension considérable de la distribution géographique de la maladie est fortement lié aux changements climatiques que subit le continent africain.

Il y a peu de temps encore, il était estimé que la borréliose à tiques était exclusivement présente en Afrique de l'Ouest, dans les régions sahéliennes et sahariennes, au nord du 14° parallèle là où la pluviométrie annuelle ne dépassait pas 750 mm en moyenne. Ainsi l'isohyète 750 mm étant considéré comme la limite au-delà de laquelle, au sud, on ne trouvait plus de vecteur. Or depuis les années 1970, les déficits pluviométriques et les sécheresses dans certains pays d'Afrique, notamment au Sénégal ont considérablement contribué à l'extension de la zone de répartition de la maladie.

Ainsi, comme le paludisme, la répartition géographique de la maladie est bouleversé par les changements climatiques que subit le continent africain. On ne peut restreindre ces maladies à un seul continent qui a du mal à combattre de telles maladies et contre lesquelles le principal combat consiste à obtenir des données sur l'incidence de telles maladies au sein des populations locales et à combattre le vecteur d'une maladie. Dans la suite de l'exposé, nous aborderons le cas de la bluetongue qui a fait son apparition dans les pays du Nord ces dernières années et qui préoccupent toute la communauté scientifique. Nous verrons comment la maladie a progressé dans tout le bassin méditerranéen et quels sont les principaux paramètres du système vectoriel susceptible d'être modifiés en cas de changement climatique.

III.4) La Fièvre catarrhale ovine.

III.4.a) La Fièvre catarrhale ovine

La fièvre catarrhale ovine ou bluetongue est une maladie vectorielle qui affecte particulièrement les ruminants sauvages et domestiques. La transmission se fait strictement par l'intermédiaire d'un vecteur ; un insecte hématophage tropical de la famille des Cératopogonidés, du genre *Culicoides*.

III.4.a.1) agent pathogène et transmission.

Le virus en cause est un orbovirus et 24 sérotypes différents circulants dans le monde sont connus à ce jour (Afssa, (2005)). Sa résistance ne lui permet cependant pas de circuler dans le milieu extérieur et la transmission d'un animal infecté à un autre se fait donc exclusivement par l'intermédiaire d'un vecteur qui se déplace d'un hôte à un autre, assurant ainsi la transmission du virus et la propagation de la maladie.

L'infection se diffuse par transport des insectes porteurs par des vents chauds, humides et de basses altitudes sur des distances pouvant aller jusqu'à 150 kilomètres ou par déplacements d'animaux infectés en phase de virémie. La transmission de l'agent pathogène à un animal sain se fait par piqûre.

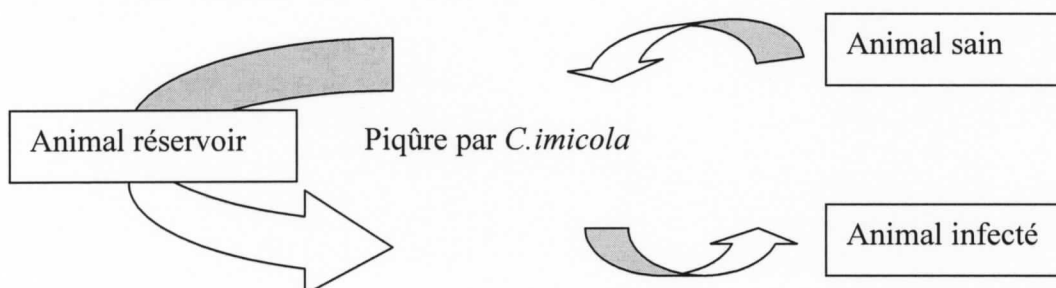


Figure 13 : Cycle de transmission de la maladie
Cycle de transmission vectoriel de la FCO

Comme beaucoup d'insectes tropicaux, plusieurs facteurs climatologiques interfèrent dans la vie de l'insecte : humidité, chaleur et température. En Europe et en Afrique, *C.imicola* a été reconnu comme vecteur principal de la maladie.

III.4.a.2) Répartition de la maladie

La répartition de la maladie est mondiale. Elle est étroitement liée à celle des vecteurs. Au Nord, on la retrouve généralement entre les 40^{ème} et 50^{ème} parallèles et au Sud, entre les 20^{ème} et 30^{ème} parallèles. Cette répartition reste bien sûr dépendante des conditions climatiques ou de vecteurs temporaires ou saisonniers.

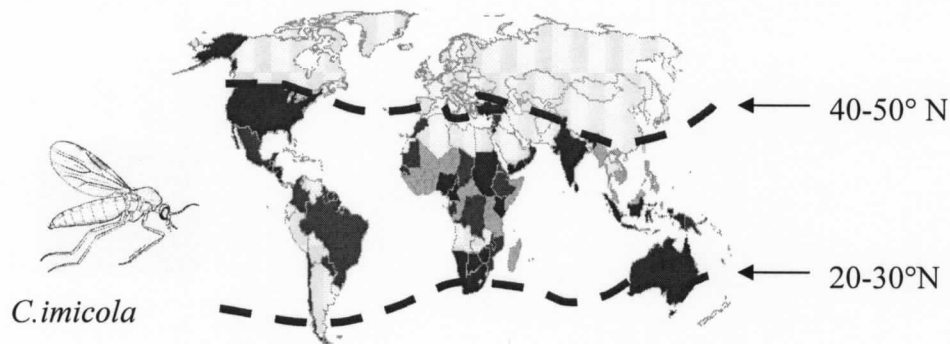


Figure 14: Répartition géographique de la FCO à travers le monde.

Répartition de la FCO à travers le monde

Source (Catherine CETRE-SOSSAH (2006))

III.4.a.3) Le vecteur :

Le vecteur est un moucheron et son activité est très dépendante de la température.. L'activité de *C. imicola* est maximale lorsque les températures avoisinent les 24°C, par contre elle est très perturbée lorsque celles ci descendent en dessous de 18°C. Ce moucheron est capable de survivre à de courtes périodes de froid pendant lesquelles les températures sont légèrement négatives. Par grand froid, tous les adultes sont tués. Cela explique ainsi pourquoi le vecteur est absent dans les pays du Nord dans lesquels l'hiver est long et froid, ce qui ne favorise pas, en théorie, l'implantation du vecteur. La réplication du virus est aussi conditionnée par les températures environnementales et s'arrête lorsque elles sont inférieures à 15°C.

III.4.a.4) Progression de la maladie :

Le bassin méditerranéen, situé dans la limite de la zone de répartition du vecteur, a connu une progression importante de la maladie depuis 1998. L'émergence de plusieurs sérotypes viraux a été observée dans plusieurs pays du pourtour méditerranéen (Hendrikx P et al., 2001).

Ainsi :

- Entre 1998 et 1999, la Grèce signale la présence de plusieurs types viraux dans les îles à l'Est du pays, ce sont les sérotypes 4, 9 et 16.
- En 1999, la Bulgarie est touchée par une épizootie due à la présence du type viral 9 sur son territoire.
- A la même date, la Turquie est touchée par le type viral 4.
- En janvier 2000, l'infection par le type 2 est signalée en Tunisie puis elle gagne très vite l'Algérie dès le mois de juillet de la même année. En Août, c'est au tour de la Sardaigne de déclarer ses premiers foyers, puis à la Sicile, la Calabre, la Corse et les Baléares dès le mois d'octobre.
- Automne 2003, *C. imicola* s'installe sur le littoral français, dans le var.
- 17 août 2006, les autorités vétérinaires néerlandaises notifient des cas de FCO dans le sud est du pays, dans une zone limite de la frontière belge et allemande.

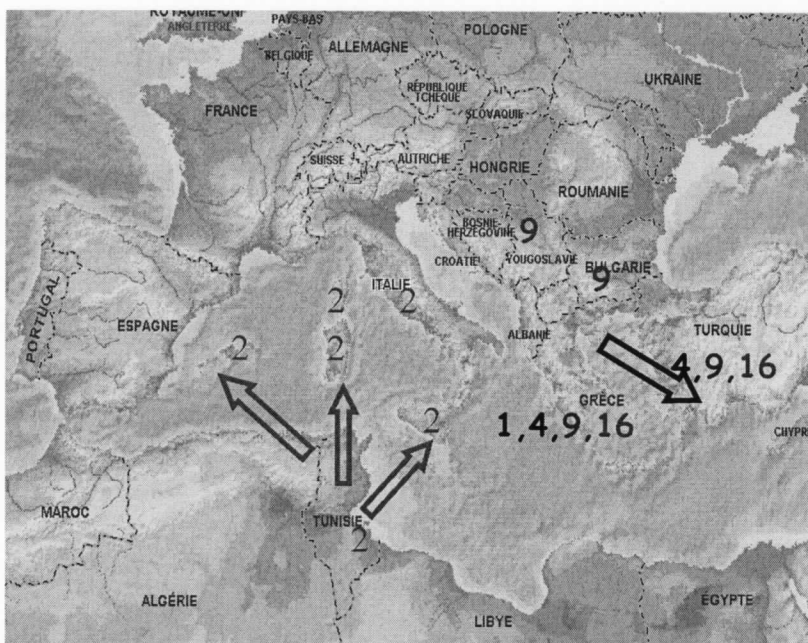


Figure 15: Progression des sérotypes viraux de la FCO dans le bassin méditerranéen
Situation en 2002 de la répartition des différents sérotypes viraux de la FCO
 Source (Catherine CETRE-SOSSAH (2006))

On assiste ainsi à une progression et à une extension de la maladie vers les pays du Nord. Bien que toutes ces zones soient reconnues depuis fort longtemps comme étant à risque, l'implantation durable du vecteur *C. imicola* montre qu'il a trouvé un écosystème favorable à sa survie et donc à son implantation.

Selon un modèle établi par Mellor, (Hendrikx et al., 2001), la progression de la maladie vers les pays du Nord montre que le réchauffement de 1°C permettrait une progression du vecteur de 90 kilomètres et une progression d'une centaine de mètres en altitude. L'extension et l'implantation vers les pays du Nord de la maladie aurait des conséquences économiques désastreuses et les flambées épizootiques dues à la multiplication du vecteur dans son nouvel environnement seraient alors très largement favorisées. Il faut savoir que la progression de cette maladie reste un exemple parmi tant d'autres et que le réchauffement climatique jouerait un rôle majeur dans la progression des vecteurs de maladie et par extension de leur répartition géographique.

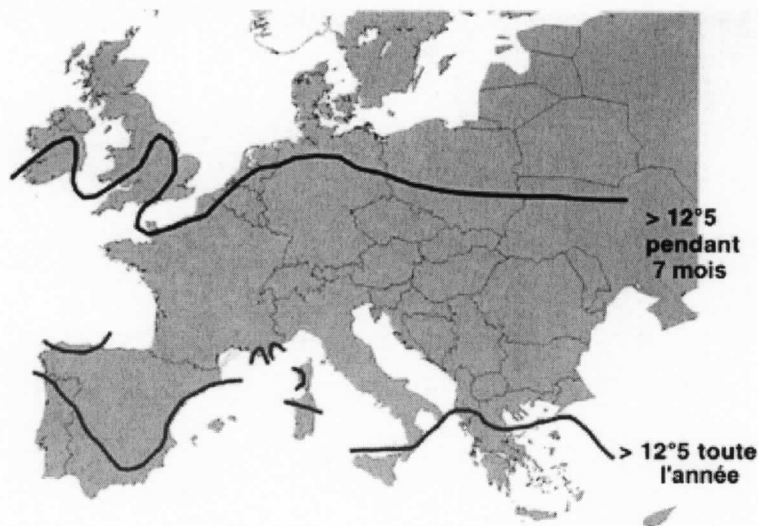


Figure 16: Modélisation des zones favorables à *C.imicola* d'après P.Mellor

Source : (Hendrikx et al., 2002, « Les maladies émergentes consécutives au réchauffement et à l'extension des zones humides »)

La modélisation faite par P.Mellor montre les zones favorables dans lesquels la maladie est la plus susceptible d'apparaître.

Conclusion

Les changements climatiques font partie de cet ensemble de changements globaux qui perturbent l'ensemble du fonctionnement des écosystèmes au sein duquel évoluent les systèmes vectoriels à la base de la transmission des maladies vectorielles. Les changements climatiques apparaissent comme un facteur favorable à l'émergence voire à la réémergence de maladies. On ne peut cependant admettre que ces changements essentiellement entraînent obligatoirement l'émergence de maladies et selon lesquels :

« Changements climatiques → émergence d'une maladie vectorielle »

Le changement climatique reste essentiellement lié à un réchauffement et à une élévation des températures à la surface de la Terre. Ainsi dans le système vectoriel, la biologie de l'agent responsable de la transmission de la maladie, le plus souvent un insecte hématophage, est bouleversée. Lutter contre l'extension, l'émergence voire la réémergence de maladies vectorielles passe essentiellement par la mise en place de réseaux d'épidémiosurveillance. La biologie du vecteur, son adaptation, son installation dans de nouveaux espaces, l'évolution de l'environnement est à surveiller de très près et la collaboration entre les acteurs de la communauté scientifique (entomologistes, vétérinaire, épidémiologistes, acteurs locaux, virologue, etc.) est cruciale.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. le climat, 2000. [On Line]<URL : www.meteosuisse.fr >
- [2] les changements climatiques, 2006. [On Line] <URL : www.senat.fr/rap/r01-224-1/r01-224-112.html#toc66>
- [3] L'effet de serre, 2005. [On Line]< URL : <http://www.cypres.org/spip/IMG/jpg/serre.jpg>>
- [4] Le réchauffement climatique, 2005. [On Line]<URL www.agr.gc.ca/nlwis-snite/pub/ha_sa/img/Box.1af.jpg>
- [5] Le climat africain, le congo, 2000. [On Line]<URL : <http://www.congoclim.salifa.com>>
- [6] L'évolution des températures à la surface de la Terre, 2005. [On Line]<URL : www.dossiersdunet.com>
- [7] Les maladies à vecteurs, 2001. [On Line]<URL : www.inrp.fr>
- [8] Les maladies émergentes, 2002, [On Line]<URL : www.ird.fr>
- [9] L'impact du paludisme sur l'économie africaine, [On Line]<URL : <http://www.afro.who.int/omscam/paldecon.html>>

François Rodhain (2003), Emergence de maladies à transmission vectorielle

Pr. E. Pichard, DESC (2004), Maladies infectieuses ; maladies tropicales HIA Bégin

AFSSA, 2005, Rapport sur l'évaluation du risque d'apparition et de développement de maladies animales compte tenu d'un éventuel réchauffement climatique.

Guégan Jean-François, **Quantifier les liens entre le climat et les maladies infectieuses et parasitaires**, extrait de la Lettre n°17 Programme International Géosphère Biosphère-Programme Mondial de Recherches sur le Climat (PIGB-PMRC))

Trape Jean François et al., (2002) , L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES MALADIES A TRANSMISSION VECTORIELLE EN AFRIQUE DE L'OUEST : LE CAS DE LA BORRELIOSE A TIQUES ET DU PALUDISME.

Roger F, De la Rocque S., Changement global et maladies émergentes.

- [10] le paludisme en Afrique, 2002, [On Line]<URL : <http://www.pasteur.fr>>
- [11] le paludisme, 2002, [On Line]<URL: <http://tpepaludisme.free.fr/images/cyclesimple.jpg>>
- [12] la malaria [On Line]<URL : <http://mediasfrance.org/Reseau/Lettre/08/fr/Projets/malaria/malaria.html>>
- [13] la transmission du paludisme [On Line]<URL : http://www.rbm.who.int/cmc_upload/0/000/015/370/infosheet3_fr.pdf>

Afssa (2005), la fièvre catarrhale ovine

Catherine CETRE-SOSSAH (2006), production du CIRAD, cours enseignement EMVT.

HENDRIK P et al., (2001), Les maladies émergentes consécutives au réchauffement et à l'extension des zones humides , les incidences sur la santé animale : l'exemple de la FCO.